

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМНОЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ЯЧЕЕК ВВЭР С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Косимов Асрориддин Садиевич<sup>1</sup>, Мухаммадиев Бехруз Хафизович<sup>2</sup>, Жумаева Нигина Чори кизи<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Заведующей кафедры общий физики Термезский

<sup>2</sup>Государственный университет кандидат химически наук, доцент.

<sup>3</sup>Преподаватель кафедры общий физики Студентка Тер.ГУ  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6327229>

### ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 15 февраль 2022 г.  
Утверждено: 20 февраль 2022 г.  
Опубликовано: 25 февраль 2022 г.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

GETERA-93, ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор), ТВЭЛ (тепловыделяющий элемент)

### АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является проведение анализа свойств ячеек ВВЭР. Задачами данной работы являются расчёт выгорания топливо с 2, 3, и 4 перегрузками с повышенным содержанием ядерного топлива при обогащениях топлива 4,4% и 5%.

Для проведения нейтронно-физического расчета была использована программа GETERA [1]. Программа GETERA предназначена для нейтроннофизического расчета ячеек и поли ячеек ядерных реакторов, как быстрых, так и тепловых, в сферической, цилиндрической и плоской геометрии. Программа GETERA может использоваться для решения широкого спектра задач как исследовательских, так и прикладных. С ее помощью возможно исследование нейтронно-физических характеристик реакторов на уровне ячейки и поли ячейки. На сегодняшний день практически достигнуты граничные значения параметров: почти 5% обогащения по урану-235, использованы все возможности по увеличению высоты

топливного столба, максимально снижен диаметр центрального отверстия в топливной таблетке (в некоторых модификациях ТВС отверстие в таблетке отсутствует) [3]. Завершение опытной эксплуатации некоторых видов топлива, доработка конструкции ТВС в части оптимизации использования перемешивающих решеток (этот элемент конструкции позволяет интенсифицировать теплосъем и избежать перегрева твэлов при повышении энерговыделения в ТВС), внедрение профилированного топлива по высоте ТВС (в целях оптимизации топливоиспользования), испытание новых конструкционных материалов будут являться основой дальнейшего улучшения эксплуатационных свойств ТВС.

Последующее эволюционное развитие топлива ВВЭР, по-видимому, будет осуществляться в направлении дальнейшего увеличения энергопотенциала ТВС за счет увеличения обогащения топлива свыше 5% [4].

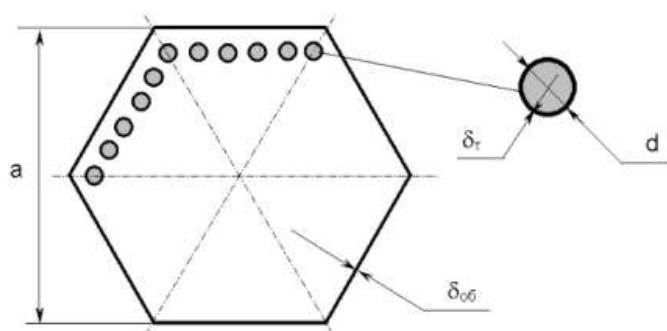
Выгорание ядерного топлива – это процесс превращения ядер делящегося нуклида в неделящиеся ядра при взаимодействии с нейтронами [1]. Как правило, это происходит вследствие процессов деления ядер и радиационного захвата нейтронов делящимися ядрами.

Один из важнейших показателей экономичности ядерного реактора, атомной электростанции и ядерного топливного цикла в целом является **глубина выгорания ядерного топлива**. **Глубина выгорания ядерного топлива** – это количество энергии, полученной за все время эксплуатации ядерного топлива в активной зоне (за кампанию ядерного топлива), на единицу массы загруженного ядерного топлива. Чаще всего при определении экономичности ЯТЦ оперируют средней глубиной выгорания ( $B$ ), которая может называться удельным энерговыделением [2].

подавляющее большинство существующих реакторов имеют гетерогенную структуру активной зоны. Это связано как с нейтроннофизическими аспектами (возможностью улучшения размножающих свойств за счет гетерогенного размещения топлива, замедлителя, теплоносителя и

конструкционных материалов), так и с материально-техническими (изготовление тепловыделяющих элементов, теплофизическими возможностями конструкции, стержней регулирования и т. п.). Таким образом, наиболее распространенные модели активных зон ядерных реакторов связаны с описанием гетерогенных структур [1].

Ниже представлена топливная сборка с ее характерными размерами. Конфигурация реактора ВВЭР – 1000 реакторной ячейки, охлаждаемой водой, имеет следующие параметры: радиус ячейки 5 мм, топливо –  $UO_2$  с обогащением 4,4% и 5%, материал оболочки – цирконий ( $0,715 \text{ г/см}^3$ ), замедлитель – вода плотностью  $0,715 \text{ г/см}^3$ . Граничные условия представляют собой полное отражение нейтронов на границе ячейки.



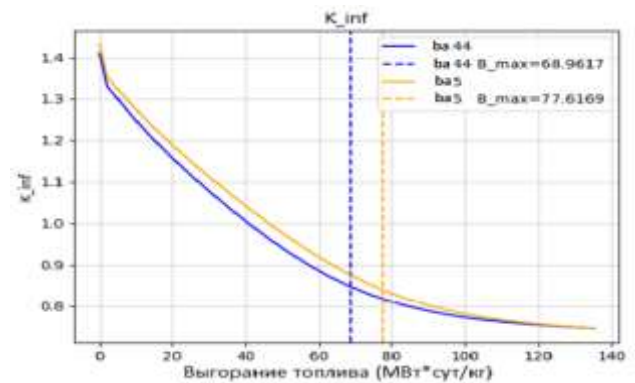
**Рис. 1:** Схема реакторных тепловыделяющих сборок корпуса ВВЭР с необходимыми размерами

Реактор можно рассматривать на моделях элементарной ячейки с определенными граничными условиями, что вода является хорошим поглотителем тепловых нейтронов [5].



Изотопная ядерная концентрация :  
 Изотопная ядерная концентраций  
 Изотопная концентрация ядерного кислорода (в топливе):  
 Изотопная ядерная концентрация водорода (в замедлителе):  
 Изотопная ядерная концентрация кислорода (в замедлителе):  
 После расчеты изотопных концентраций, мы вводим изотопные концентрации материалов во входном файле "VVER1000.dat" без центрального отверстия это будет модель с повышенным содержанием топлива. В выходном файле мы можем найти значения коэффициента размножения, коэффициенты формулы четырех факторов, среднее сгоревшего проявленного с шагом 50 дней, кроме

того, мы получаем изотопные составы всех нуклидов в каждой последовательности.



**Рис - 2:** Зависимость коэффициента размножения нейтронов на основе среднего выгорания топлива

Для обогащением 4,4%		
	Время в днях	глубина выгорания
<b>Две перегрузки</b>	1354	61,2993
<b>Три перегрузки</b>	1524	68,9617
<b>Четыре перегрузки</b>	1626	73,5591
Для обогащение 5%		
	Время в днях	глубина выгорания
<b>Две перегрузки</b>	1525	68,9928
<b>Три перегрузки</b>	1717	77,6169
<b>Четыре перегрузки</b>	1832	82,7914

**Таблице - 1:** Глубина выгорание с 2, 3 и 4 перегрузками с повышенным содержанием топлива

Таким образом графики значений, полученных в таблице, мы можем видеть на рисунке2, что зависимость коэффициента размножения нейтронов

уменьшается по мере того, как сгорание ядерного топлива возрастает до определенной точки, в которой это значение становится докритическим.



Можно сказать, что в начале новое топливо имеет скорость размножения 1,40575, а когда она начинает сжигать ядерное топлива, оно уменьшается.

Анализ проведенных расчётов показывает увеличение глубины выгорания при росте обогащения с 4,4% до 5% и при росте количества топлива.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Савандер В.И, Увакин М.А. Физическая теория ядерных реакторов. Москва 2008.
2. <https://docs.yandex.ru/docs/viewtm=1643688100>
3. А. С. Касимов Б. Х. Мухаммадиев Исследование размножающих свойств ячеек ВВЭР.
4. <https://ijiemr.org/public/uploads/paper/734821638525349.pdf>